

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

d.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-148754

(43)Date of publication of application : 02.06.1998

(51)Int.Cl.

G02B 13/00

(21)Application number : 08-307918

(71)Applicant : KONICA CORP

(22)Date of filing : 19.11.1996

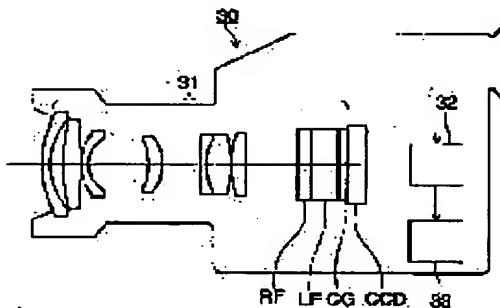
(72)Inventor : MORI NOBUYOSHI
SATO MASAE

(54) DIGITAL STILL CAMERA

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a still image of high image quality by making an image-pickup lens single body satisfy a specified condition when the best value MTF of defocusing at the center of a screen on (e) line of the image pickup lens not passing through a low-pass filter is taken as the function of a specified spatial frequency.

SOLUTION: In an optical system 31, a luminous flux from a subject is transmitted through the image pickup lens, and transmitted through an infrared ray cut filter RF, etc., then, an image is formed on a solid image pickup element CCD. And, the image-pickup lens single body satisfies the flowing condition in the case an MTF(u) is the best value MTF(modulation-transfer-function) in defocusing at the center of the screen at the (e) line of the image pickup lens no passing through the low-pass filter with (u) as a spatial frequency; $0.98 < \{MTF(1/4P)\}/\{1 - (\lambda F/\pi P)\} < 1$, provided that P denotes the smallest distance between pixels of solid image pickup elements, F denotes an open F number of the image-pickup lens, λ denotes the wavelength of (e) line and π denotes a ratio of the circumference of a circle to its diameter.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

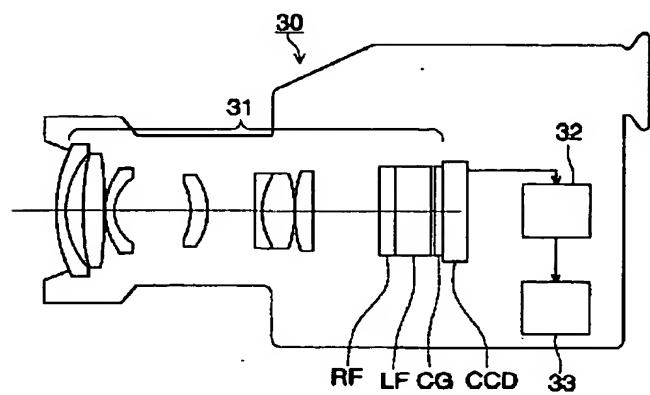
[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

Drawing selection [Representative drawing]



[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the digital still camera which televises the image by the image pick-up lens which let the low pass filter pass by the solid state image pickup device, and obtains a static image When MTF of the best value of defocusing in the screen center in e line of the aforementioned image pick-up lens which does not let the aforementioned low pass filter pass is set to MTF (u), having used u as spatial frequency, $0.98 < \{MTF(1/4P) / [1 - (\lambda F/\pi P)]\} < 1$, however the minimum spacing between the pixels of P; solid state image pickup device (mm)

wavelength π ; of the open f number λ/e line (0.546×10 to 3 mm) of F; image pick-up lens — number P — the digital still camera characterized by satisfying conditions

[Claim 2] The digital still camera characterized by satisfying the conditions which become a pan $0.93 < \{MTF(1/2P) / [1 - (2\lambda F/\pi P)]\} < 1$ in a digital still camera according to claim 1.

[Claim 3] The digital still camera according to claim 1 or 2 characterized by minimum-spacing P between the pixels of the aforementioned solid state image pickup device (mm) satisfying the conditional expression which becomes $0.002 < P < 0.008$.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the digital still camera which televises the image by the image pck-up lens which let the low pass filter pass by the solid state image pickup device still in detail with respect to a digital still camera, and obtains a static image.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, as a camera which used the solid state image pickup device, there are an object for dynamic images and an object for static images, and high definition is demanded as compared with the camera for dynamic images, such as a video camera, in the camera for static images. Moreover, in order to prevent that moire occurs in the camera using the solid state image pickup device by interference of the periodicity of the pixel spacing of a solid state image pickup device and a photographic subject's pattern structure, for example, a stitch pattern etc., an image is doubled using the birefringence nature of the quartz plate called low pass filter, and an equivalence-numerical aperture is enlarged and is prevented.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when the research was repeated about the quality of image of the static image by the optical system of the image pck-up lens which let the low pass filter pass, it turns out that it is hard to obtain quality of image satisfactory enough.

[0004] Then, it found [per enhancement in the quality of image of the static image of the camera using the solid state image pickup device] out that good quality of image could be obtained by satisfying the conditional expression about MTF (Modulation-Transfer-Function) of the image pck-up lens simple substance which does not let a low pass filter pass mentioned later as a result of the trial and error.

[0005] It is in the purpose of this invention having been made in view of the above-mentioned technical problem, and the purpose of this invention offering the digital still camera using the solid state image pickup device from which the quality of image of a good static image is obtained from the former.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The purpose of this invention is attained by the following meanses. Namely, the digital still camera of invention according to claim 1 In the digital still camera which televises the image by the image pck-up lens which let the low pass filter pass by the solid state image pickup device, and obtains a static image MTF of the best value of defocusing in the screen center in e line of the aforementioned image pck-up lens which does not let the aforementioned low pass filter pass -- u -- spatial frequency -- ** -- the time of carrying out and being referred to as MTF (u) -- $0.98 < \{MTF(1/4P)\} / \{1 - (\lambda F/\pi P)\} < 1 ..$ (1)

However, the minimum spacing between the pixels of P; solid state image pickup device (mm) wavelength pi; of the open f number lambda;e line (0.546x10 to 3 mm) of F; image pck-up lens -- number P -- it is characterized by satisfying conditions

[0007] It sets with a digital still camera according to claim 1, and the digital still camera of

invention according to claim 2 is $0.93 \times \{MTF(1/2P)\} / \{1 - (2\lambda F/\pi P)\} < 1$ to a pan.. (2)
It is characterized by satisfying the becoming conditions.

[0008] For the digital still camera of invention according to claim 3, minimum-spacing P between the pixels of the aforementioned solid state image pickup device (mm) is $0.002 < P < 0.008 \dots$ (3)

It is characterized by satisfying the becoming conditional expression.

[0009] Here, an explanation of the above-mentioned conditional expression (1), (2), and (3) is preceded, and the related view of MTF and spatial frequency used by explanation is shown in drawing 1. Drawing, the axis of ordinate shows MTF and the quadrature axis shows spatial frequency, respectively. Moreover, UN is a Nyquist rate, the solid line (a) of illustration is MTF of the image pck-up lens (optical system) which does not let a low pass filter pass, and the dotted line (b) shows MTF of the optical system when letting a low pass filter pass. Moreover, as for Q points, spatial frequency shows MTF value of the image pck-up lens simple substance in UN for MTF value of an image pck-up lens simple substance in case the spatial frequency of P points is $UN/2$, respectively.

[0010] Here, if each conditional expression is explained, conditional expression (1) expresses the ratio with MTF value (P points of drawing 1) of Nyquist-rate UN / 2 of an actual image pck-up lens to MTF value of the approximation which the ideal lens which is the physical threshold value by the influence of diffraction mentions later. In addition, Nyquist-rate UN means the threshold value of the spatial frequency which the moire of pitch (spacing) P of a solid-state image pck-up pixel does not generate. Generally Nyquist-rate UN is expressed with $UN=1/2P$.

[0011] In order to prevent occurrence of moire, although it is known by the low pass filter that spatial frequency will be made to serve as a sufficiently small value in MTF more than UN, MTF value in the point of $UN/2$ influences the superiority or inferiority of quality of image (contrast, resolution), and also influences MTF value in $UN/2$ or less spatial frequency by it. In a static image, it stops obtaining sufficient quality of image with lower ***** exceeding the lower limit of the above-mentioned conditional expression (1).

[0012] Moreover, conditional expression (2) expresses the ratio with MTF value (Q points of drawing 1) in Nyquist-rate UN of an actual image pck-up lens to MTF value of the approximation which the ideal lens which is the physical threshold value by the influence of diffraction mentions later.

[0013] In a static image, it stops obtaining sufficient quality of image with lower ***** exceeding the lower limit of the above-mentioned conditional expression (2).

[0014] Furthermore, if conditional expression (3) expresses the domain of minimum-spacing P between the pixels of the optimum solid state image pickup device (mm) and the upper limit of conditional expression (3) is exceeded, in order to obtain the sufficient number of pixels, a screen size becomes large, and an image pck-up lensizes [large-sized] and is not desirable [conditional expression]. A fall of MTF is large only by enlarging the F value of drawing, and it becomes impossible moreover, for lower ***** and the influence of diffraction of a lens not to become large exceeding the lower limit of conditional expression (3), and to obtain sufficient quality of image to a bright photographic subject.

[0015] If the approximation of MTF is explained here, when MTF on the optical axis of an ideal lens will set wavelength of e line, and F the f number in opening of an image pck-up lens and will set u to spatial frequency and $\theta = \cos^{-1} \lambda Fu$ for λ , they are $MTF(u) = 1 / \pi(2\theta - \sin 2\theta)$.

It is come out and expressed. If it is set to $\theta = \cos^{-1} \lambda Fu = \pi/2 - \lambda Fu - 1/6(\lambda Fu)^3$, and it will be set to $\theta = \pi/2 - \lambda Fu$ if the 3rd more than order of λFu is disregarded and this is substituted when spatial-frequency u is not not much large $\sin 2\theta = \sin(\pi/2 - \lambda Fu) = \sin 2\lambda Fu = 2\lambda Fu - (\lambda Fu)^3/3 + \dots$ if it becomes ... and the 3rd more than order of λFu is disregarded, it is set to $\sin 2\theta = \sin 2\lambda Fu$, and these will be substituted and it will become $MTF(u) = 1 - (4\lambda Fu/\pi)$

[0016]

[Embodiments of the Invention] Here, the outline configuration of the digital still camera of this invention is explained based on a drawing. Drawing 2 is an outline block diagram of a digital still camera. In drawing 2, the digital still camera 30 consists of optical system 31, solid-state-image-pickup-device CCD, an image pck-up circuit 32, a frame memory 33, etc. [0017] The digital still camera 30 is a high-definition digital still camera, and optical system 31 passes along an image pck-up lens, passes infrared cut-off filter RF, low pass filter LF, and cover glass CG further, and is carrying out image formation of the flux of light from a photographic subject to solid-state-image-pickup-device CCD. Furthermore, image data compresses in the image pck-up circuit 32, and it is once stored in a frame memory 33, and it is taken out and a high-definition static image is obtained.

[0018] When the aforementioned image pck-up lens simple substance makes u spatial frequency and sets to MTF (u) MTF of the best value of defocusing in the screen center in e line of the image pck-up lens which does not let a low pass filter pass, The conditions which become $0.98 < \{MTF(1/4P)\}/\{1 - (\lambda F/\pi P)\} < [10.93] \{MTF(1/2P)\}/\{1 - (2\lambda F/\pi P)\} < 1$ are satisfied. However, for P, the minimum spacing between the pixels of a solid state image pickup device (mm) and F are [the wavelength of e line (0.546x10 to 3 mm) and pi of the open f number of an image pck-up lens and lambda] number P.

[0019]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained with reference to a drawing with the example of a comparison. In addition, the sign used in this example is shown below. f --- for a radius (mm) and D, a spacing (mm) and Nd are [a focal distance (mm) and F / a drawing value and R / the Abbe number of d line and P of a refractive index and nud] minimum-spacing P between the pixels of a solid state image pickup device (mm)

[0020] Moreover, MTF value of the image pck-up lens mentioned later is a value by the wave optics-simulation with consideration to the diffraction in e line (0.546x10 to 3 mm). However, MTF value of a lens is a thing when the cover glass with the equal optical path length replaces a low pass filter in all the examples of this invention, and does not include the effect of a low pass filter.

[0021] next --- if the solid state image pickup device (CCD) used for an example is explained --- a solid state image pickup device --- examples 1 and 3 --- the Sony make --- ICx084K --- it is --- a format --- 1/3 inch and a unit pixel dimension --- 7.4microx7.4micro and the number of effective pixels --- 659(H) x --- about 330,000-pixel-CCD is used by 494 (V) moreover --- an example-2 --- Matsushita Electronics Industry MN3773 --- a format --- 1/2.72 inch and a unit pixel dimension --- 4.6microx4.6micro and the number of effective pixels --- 1152(H) x --- about 1 million-pixel-CCD is used by 872 (V)

[0022] Next, if the low pass filter used for an example is explained based on decomposition sketch drawing of the low pass filter of drawing 3, the low pass filter LF uses the quartz plate of three sheets from which it is what used the quartz plate, and the orientation of a crystallographic axis is different. The configuration of a low pass filter LF uses that with which the opticals axis OA, alumnus, and OC of a quartz plate combined the quartz plates LFA, LFB, and LFC of three sheets to which that to which projected 45 degrees on nothing and they projected opticals axis OA, alumnus, and OC on flat-surface P perpendicular to the image pck-up lens optical axis LO to the image pck-up lens optical axis LO makes an angle (0 degree, 45 degrees, and 90 degrees) to the longitudinal direction of a screen. Moreover, the thickness of each quartz plate is as the following table 1.

[0023]

[Table 1]

水晶板	各水晶板の厚さ (mm)	
	実施例 1、3	実施例 2
0°	1. 2 2	0. 7 5
45°	0. 8 7	0. 3 8
90°	1. 2 2	0. 7 5

[0024] (Example 1) The optical-system cross section of the image pick-up lens of the example 1 of this invention is shown in drawing 4. Moreover, the optical data of an example 1 are shown in Table 2.

[0025]

[Table 2]

f=6.035		F=2.8		P=0.0074		
面 No.	R	D	Nd	v	d	
1	12.502	0.80	1.65844	50.9		
2	7.757	1.50				
3	23.343	1.70	1.80518	25.4		
4	-55.611	0.20				
5	6.965	0.70	1.72000	50.2		
6	3.436	6.06				
7	-5.912	1.50	1.58913	61.2		
8	-5.127	4.02				
9	100.031	0.60	1.84666	23.8		
10	6.788	2.60	1.77250	49.6		
11	-12.521	0.20				
12	19.019	1.40	1.78590	44.2		
13	-89.125	5.31				
14	∞	1.00	1.52000	65.0	赤外カットフィルタ	
15	∞	0.00				
16	∞	3.31	1.54880	67.0	ローパスフィルタ対応カバーガラス	
17	∞	0.20				
18	∞	0.75	1.51633	64.1	カバーガラス	
19	∞					

[0026] MTF value in e line of this image pick-up lens is as follows.

[0027]

The optical-system cross section of the image pick-up lens of the example 2 of MTF(1/2P)
=MTF(67.6)=0.852MTF(1/4P)=MTF(33)=0.93 (example 2) this invention is shown in drawing 5.
Moreover, the numeric data of an example 2 is shown in Table 3.

[0028]

[Table 3]

f=6.035		F=2.8		P=0.0046		
面 No.	R	D	Nd	v	d	
1	15.684	0.80	1.65844	50.9		
2	7.523	1.90				
3	29.510	2.00	1.75520	27.5		
4	-29.510	0.20				
5	6.742	0.70	1.62299	58.2		
6	3.347	5.45				
7	-8.267	1.50	1.58913	61.2		
8	-4.998	5.03				
9	439.379	0.60	1.84666	23.8		
10	6.609	2.60	1.78590	44.2		
11	-12.664	0.20				
12	21.960	1.40	1.78590	44.2		
13	-66.657	6.43				
14	∞	1.00	1.52000	65.0	赤外カットフィルタ	
15	∞	0.00				
16	∞	1.89	1.54880	67.0	ローパスフィルタ対応カバーガラス	
17	∞	0.20				
18	∞	0.75	1.51633	64.1	カバーガラス	
19	∞					

[0029] MTF value in e line of this lens is as follows.

[0030]

The optical-system cross section of the image pick-up lens of the example 3 of MTF(1/2P) =MTF(109) =0.756MTF(1/4P) =MTF(54.3) =0.882 (example 3) this invention is shown in drawing 6. The numeric data of an example 3 is shown in Table 4.

[0031]

[Table 4]

f=6.19~10.41~17.55		F=2.8~3.0~3.2		P=0.0074	
面 No.	R	D	Nd	v d	
1	34.937	1.00	1.84666	23.8	
2	19.888	5.30	1.71300	53.9	
3	263.466	0.20			
4	16.966	3.20	1.71300	53.9	
5	38.991	1.00~4.67~7.90			
6	31.294	0.60	1.77250	49.6	
7	5.777	3.00			
8	-15.179	0.60	1.77250	49.6	
9	8.285	0.50			
10	9.358	2.20	1.84666	23.8	
11	-181.548	11.83~7.14~3.30			
12	7.200	2.50	1.74400	44.8	
13	-17.914	0.50			
14	-9.575	1.00	1.80518	25.4	
15	8.295	0.80			
16	70.192	2.30	1.72916	54.7	
17	-11.000	0.20			
18	16.017	2.20	1.72916	54.7	
19	-39.917	2.60~3.62~4.23			
20	∞	1.00	1.52000	64.0	赤外カットフィルタ
21	∞	0.00			
22	∞	3.31	1.54880	67.0	ローパスフィルタ対応カバーガラス
23	∞	0.20			
24	∞	0.75	1.51633	64.1	カバーガラス
25	∞				

[0032] MTF value in e line of this lens is as follows.

[0033] At a wide angle edge, MTF =MTF (1/2P) =0.820MTF (67.5) =MTF (1/4P) (33) With the focal distance of =0.922 interval, MTF =MTF (1/2P) The example of MTF(1/2P) =MTF(675) =0.850MTF(1/4P) =MTF(33) =0.926 (example of comparison) comparison is the image pick-up lens of a four group configuration zoom lens in =0.828MTF(1/4P) =MTF(33) =0.922 tele edge.

(67.5) The optical-system cross section of the image pick-up lens of the example of a comparison is shown in drawing 7. In addition, drawing shows the wide angle edge. A focal distance is f= 4.59~16.02~44.12, and each f number is F=1.67~2.05~2.44. It is 330,000 pixels of effective pixel numbers using CCD of 570,000 pixels of 1/3 inch formats, and the unit pixel dimension of this CCD is P= 0.006mm.

[0034] Here, the value corresponding to the aforementioned conditional expression (1) of an example and the example of a comparison and (2) is shown in Table 5.

[0035]

[Table 5]

\	実施例 1	実施例 2	実施例 3			比較例		
			広角端	中間	望遠端	広角端	中間	望遠端
$\frac{MTF(\frac{1}{2P})}{1 - \frac{2\lambda F}{\pi P}}$	0.981	0.959	0.940	0.964	0.999	0.850	0.892	0.924
$\frac{MTF(\frac{1}{4P})}{1 - \frac{\lambda F}{\pi P}}$	0.995	0.986	0.986	0.992	0.999	0.952	0.964	0.973

[0036] As shown in Table 5, all examples have satisfied the aforementioned conditional expression.

[0037] (Evaluation) As the evaluation technique, the picture image was outputted to the video monitor and the tester evaluated the vanity taste of a picture image by viewing. The blot of the monochrome checker which incorporated the picture image of the resolution test chart put on 2m of photographic subject distance to the frame memory of a test program unit, and was put on 2m was evaluated, and evaluation is a three-stage and was performed by "O", "**", and "x".

[0038]

"O" is satisfactory quality-of-image level (sharpness, contrast).

the quality-of-image level in which the quality-of-image level "x" in which "*" has a problem a little has a problem -- it is here and an evaluation result is shown in the next table 6

[0039]

[Table 6]

区分	画像評価結果
実施例 1	○
実施例 2	○
実施例 3	○
比較例	△

[0040] As shown in the above-mentioned table 6, the example of this invention was good satisfactory high definition.

[0041]

[Effect of the Invention] Since it constituted as mentioned above, the following effects are done so.

[0042] Since it was made to be satisfied of the conditions which become $0.98 < [MTF(1/4P)] / [1 - (\lambda F / \pi P)] < 1$ with the claim 1 when MTF of the best value of defocusing in the screen center in e line of the image pick-up lens which does not let a low pass filter pass was set to MTF (u), having used u as spatial frequency, it became the digital still camera using the solid state image pickup device from which the high definition of a good static image is obtained.

[0043] Since it was made to be satisfied of the conditions which become a pan $0.93 < [MTF(1/2P)] / [1 - (2\lambda F / \pi P)] < 1$ with the claim 2 in the digital still camera according to claim 1, it became the digital still camera using the solid state image pickup device from which the high definition of a better static image is obtained.

[0044] Since minimum-spacing P between the pixels of a solid state image pickup device (mm) is made to be satisfied of the conditional expression which becomes $0.002 < P < 0.008$ with a

claim 3 and the spacing of a pixel is the optimum, even if a camera does not become large by best and the size of a solid state image pickup device enlarges especially an F value, there are few falls of MTF.

[Translation done.]

d.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-148754

(43)公開日 平成10年(1998)6月2日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 13/00

識別記号

F I

G 0 2 B 13/00

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全8頁)

(21)出願番号 特願平8-307918

(22)出願日 平成8年(1996)11月19日

(71)出願人 000001270

コニカ株式会社

東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

(72)発明者 森 伸芳

東京都八王子市石川町2970番地コニカ株式
会社内

(72)発明者 佐藤 正江

東京都八王子市石川町2970番地コニカ株式
会社内

(54)【発明の名称】 デジタルスチルカメラ

(57)【要約】

【課題】 良好な静止画像の画質が得られる固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラ。

【解決手段】 ローパスフィルタを通した撮像レンズによる像を固体撮像素子で受像して静止画像を得るデジタルスチルカメラにおいて、前記ローパスフィルタを通さない前記撮像レンズのe線における画面中心でのディフォーカスの最良値のMT Fをuを空間周波数としてMT F(u)としたとき、

$$0.98 < \{MT F(1/4P)\} / \{1 - (\lambda F / \pi P)\} < 1$$

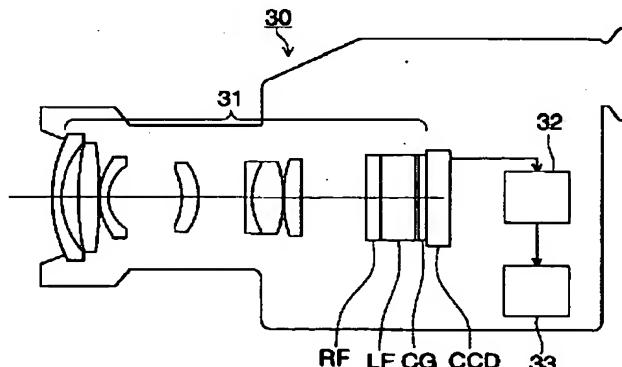
但し、P；固体撮像素子の画素間の最小間隔 (mm)

F；撮像レンズの開放Fナンバ

λ ；e線 (0.546×10^{-3} mm) の波長

π ；円周率

なる条件を満足することを特徴とするデジタルスチルカメラである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ローパスフィルタを通した撮像レンズによる像を固体撮像素子で受像して静止画像を得るデジタルスチルカメラにおいて、前記ローパスフィルタを通さない前記撮像レンズのe線における画面中心でのディフォーカスの最良値のMTFをuを空間周波数としてMTF(u)としたとき、

$$0.98 < \{ MTF(1/4P) \} / \{ 1 - (\lambda F/\pi P) \} < 1$$

但し、P；固体撮像素子の画素間の最小間隔 (mm)

F；撮像レンズの開放Fナンバ

λ ；e線 (0.546×10^{-3} mm) の波長

π ；円周率

なる条件を満足することを特徴とするデジタルスチルカメラ。

【請求項2】 請求項1に記載のデジタルスチルカメラにおいて、さらに

$$0.93 < \{ MTF(1/2P) \} / \{ 1 - (2\lambda F/\pi P) \} < 1$$

なる条件を満足することを特徴とするデジタルスチルカメラ。

【請求項3】 前記固体撮像素子の画素間の最小間隔P (mm) が、

$$0.002 < P < 0.008$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1または2に記載のデジタルスチルカメラ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明はデジタルスチルカメラに係わり、さらに詳しくはローパスフィルタを通した撮像レンズによる像を固体撮像素子で受像し静止画像を得るデジタルスチルカメラに関する。

【0002】

$$0.98 < \{ MTF(1/4P) \} / \{ 1 - (\lambda F/\pi P) \} < 1 \dots (1)$$

但し、P；固体撮像素子の画素間の最小間隔 (mm)

F；撮像レンズの開放Fナンバ

λ ；e線 (0.546×10^{-3} mm) の波長

π ；円周率

$$0.93 < \{ MTF(1/2P) \} / \{ 1 - (2\lambda F/\pi P) \} < 1 \dots (2)$$

なる条件を満足することを特徴としている。

【0008】 請求項3に記載の発明のデジタルスチルカメラは、前記固体撮像素子の画素間の最小間隔P (mm) が、

$$0.002 < P < 0.008 \dots (3)$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【0009】 ここで、上記条件式(1)、(2)、(3)の説明に先立ち、説明で使用するMTFと空間周波数の関係図を図1に示す。図で縦軸はMTF、横軸は空間周波数をそれぞれ示している。また、U_Nはナイキスト周波数であり、図示の実線(a)はローパスフィル

【従来の技術】 従来より、固体撮像素子を使用したカメラとして動画像用と静止画像用があり、静止画像用のカメラは、ビデオカメラ等の動画像用のカメラに比較して高画質が要求される。また、固体撮像素子を用いたカメラにおいては固体撮像素子の画素間隔の周期性と被写体のパターン構造、例えば編み目模様等の干渉によりモアレが発生するのを防止するため、ローパスフィルタと呼ばれる例えば水晶板の複屈折性を利用して像を二重化して等価的な開口率を大きくして防止している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、ローパスフィルタを通した撮像レンズの光学系による静止画像の画質について研究を重ねていくと十分に満足のいく画質を得にくいことが分かった。

【0004】 そこで、固体撮像素子を用いたカメラの静止画像の画質の向上につき試行錯誤の結果、ローパスフィルタを通さない撮像レンズ単体のMTF (Modulation-Transfer-Function) に関する後述する条件式を満足することで良好な画質を得られることを見出した。

【0005】 この発明の目的は上記の課題に鑑みなされたもので、この発明の目的は従来より良好な静止画像の画質が得られる固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 この発明の目的は下記のような手段により達成される。即ち、請求項1に記載の発明のデジタルスチルカメラは、ローパスフィルタを通した撮像レンズによる像を固体撮像素子で受像して静止画像を得るデジタルスチルカメラにおいて、前記ローパスフィルタを通さない前記撮像レンズのe線における画面中心でのディフォーカスの最良値のMTFをuを空間周波数としてMTF(u)としたとき、

なる条件を満足することを特徴としている。

【0007】 請求項2に記載の発明のデジタルスチルカメラは、請求項1に記載のデジタルスチルカメラにおいて、さらに

タを通さない撮像レンズ（光学系）のMTFで、点線(b)はローパスフィルタを通したときの光学系のMTFを示している。また、P点は空間周波数がU_N/2のときの撮像レンズ単体のMTF値を、Q点は空間周波数がU_Nでの撮像レンズ単体のMTF値をそれぞれ示している。

【0010】 ここで、各条件式を説明すると、条件式(1)は回折の影響による物理的な限界値である理想レンズの後述する近似式のMTF値に対する実際の撮像レンズのナイキスト周波数U_N/2でのMTF値（図1のP点）との比を表している。なお、ナイキスト周波数U

U_N とは固体撮像素子のピッチ（間隔）Pのモアレが発生しない空間周波数の限界値を言う。ナイキスト周波数 U_N は一般に $U_N = 1/2P$ で表される。

【0011】モアレの発生を防止するために、ローパスフィルタにより、空間周波数が U_N 以上でのMTFを十分小さな値となるようにすることは知られているが、 $U_N/2$ のポイントにおけるMTF値は画質（コントラスト、解像度）の優劣に影響し、また、 $U_N/2$ 以下の空間周波数でのMTF値にも影響する。前述の条件式

(1) の下限を越えて下まわると、静止画像において、十分な画質が得られなくなる。

【0012】また、条件式(2)は回折の影響による物理的な限界値である理想レンズの後述する近似式のMTF値に対する実際の撮像レンズのナイキスト周波数 U_N でのMTF値（図1のQ点）との比を表している。

【0013】前述の条件式(2)の下限を越えて下まわると、静止画像において、十分な画質が得られなくなる。

【0014】さらに、条件式(3)は最適な固体撮像素子の画素間の最小間隔P(mm)の範囲を表し、条件式(3)の上限を越えると、十分な画素数を得るためにには、画面サイズが大きくなり、撮像レンズが大型化して好ましくない。また、条件式(3)の下限を越えて下まわると、レンズの回折の影響が大きくなり、絞りのF値を大きくするだけでMTFの低下が大きく、明るい被写体に対して十分な画質を得ることが出来なくなる。

【0015】ここで、MTFの近似式について説明すると、理想レンズの光軸上のMTFは、 λ をe線の波長、Fを撮像レンズの開放でのFナンバ、uを空間周波数、 $\theta = \cos^{-1}\lambda Fu$ とするとき、

$$MTF(u) = 1/\pi (2\theta - \sin 2\theta)$$

で表される。空間周波数uがあまり大きくないとき、 $\theta = \cos^{-1}\lambda Fu = \pi/2 - \lambda Fu - 1/6 (\lambda Fu)^3$

となり、 λFu の3次以上を無視すると $\theta = \pi/2 - \lambda Fu$ となり、また、これを代入すると、
 $\sin 2\theta = \sin(\pi - 2\lambda Fu) = \sin 2\lambda Fu = 2\lambda Fu - (\lambda Fu)^3/3! + \dots$
 となり、 λFu の3次以上を無視すると、 $\sin 2\theta = \sin 2\lambda Fu$ となり、これらを代入して、
 $MTF(u) = 1 - (4\lambda Fu/\pi)$ となる。

【0016】

【発明の実施の形態】ここで、本発明のデジタルスチルカメラの概略構成を図面に基づき説明する。図2はデジタルスチルカメラの概略構成図である。図2で、デジタルスチルカメラ30は光学系31、固体撮像素子CCD、撮像回路32、フレームメモリ33等で構成されている。

【0017】デジタルスチルカメラ30は高画質のデジタルスチルカメラで、光学系31は被写体からの光束は

撮像レンズを通り、さらに赤外カットフィルタRF、ローパスフィルタLF、カバーガラスCGを通過して固体撮像素子CCDに結像している。さらに撮像回路32で画像データは圧縮して一旦フレームメモリ33に格納され、取り出されて高画質の静止画像を得るようになっている。

【0018】前記撮像レンズ単体はローパスフィルタを通さない撮像レンズのe線における画面中心でのディフオーカスの最良値のMTFをuを空間周波数としてMTF(u)としたとき、

$$0.98 < \{MTF(1/4P)\} / \{1 - (\lambda F/\pi P)\} < 1$$

$$0.93 < \{MTF(1/2P)\} / \{1 - (2\lambda F/\pi P)\} < 1$$

なる条件を満足している。但し、Pは固体撮像素子の画素間の最小間隔(mm)、Fは撮像レンズの開放Fナンバ、 λ はe線(0.546×10^{-3} mm)の波長、 π は円周率である。

【0019】

【実施例】以下、この発明の実施例を比較例と共に図面を参照して説明する。なお、この実施例で使用する符号を次ぎに示す。fは焦点距離(mm)、Fは絞り値、Rは半径(mm)、Dは間隔(mm)、Ndは屈折率、vdはd線のアッペ数、Pは固体撮像素子の画素間の最小間隔P(mm)である。

【0020】また、後述する撮像レンズのMTF値はe線(0.546×10^{-3} mm)に於ける回折を考慮した波動光学的なシュミレーションによる値である。但し、レンズのMTF値は本発明の全ての実施例でローパスフィルタを光路長が等しいカバーガラスで置換した場合のものであり、ローパスフィルタの効果を含まない。

【0021】次に、実施例に用いる固体撮像素子(CCD)について説明すると、固体撮像素子は実施例1、3では、ソニー製IC×084Kで、フォーマットは1/3インチ、単位画素寸法は $7.4\mu \times 7.4\mu$ 、有効画素数は659(H)×494(V)で約33万画素のCCDを用いている。また、実施例2では松下電子工業製MN3773で、フォーマットは1/2.72インチ、単位画素寸法は $4.6\mu \times 4.6\mu$ 、有効画素数は1152(H)×872(V)で約100万画素のCCDを用いている。

【0022】次に、実施例に用いるローパスフィルタについて図3のローパスフィルタの分解見取図に基づき説明すると、ローパスフィルタLFは水晶板を用いたもので結晶軸の方向の異なる3枚の水晶板を用いている。ローパスフィルタLFの構成は水晶板の光学軸OA、OB、OCが撮像レンズ光軸LOに対して 45° をなし、且つ光学軸OA、OB、OCを撮像レンズ光軸LOに垂直な平面Pに射影したものが画面の長手方向に対して 0° 、 45° 、 90° の角をなす3枚の水晶板LFA、L

F B, L F Cを組み合わせたものを用いている。また、各々の水晶板の厚さは下記の表1の通りである。

【0023】

【表1】

水晶板	各水晶板の厚さ (mm)	
	実施例1、3	実施例2
0°	1.22	0.75
45°	0.87	0.38
90°	1.22	0.75

【0024】(実施例1) 本発明の実施例1の撮像レンズの光学系断面図を図4に示す。また、実施例1の光学データを表2に示す。

【0025】

【表2】

面 No.	f=6.035 F=2.8		P=0.0074		
	R	D	Nd	v d	
1	12.502	0.80	1.65844	50.9	
2	7.757	1.50			
3	23.343	1.70	1.80518	25.4	
4	-55.611	0.20			
5	6.965	0.70	1.72000	50.2	
6	3.436	6.06			
7	-5.912	1.50	1.58913	61.2	
8	-5.127	4.02			
9	100.031	0.60	1.84666	23.8	
10	6.788	2.60	1.77250	49.6	
11	-12.521	0.20			
12	19.019	1.40	1.78590	44.2	
13	-89.125	5.31			
14	∞	1.00	1.52000	65.0	赤外カットフィルタ
15	∞	0.00			
16	∞	3.31	1.54880	67.0	ローパスフィルタ対応カバーガラス
17	∞	0.20			
18	∞	0.75	1.51633	64.1	カバーガラス
19	∞				

【0026】この撮像レンズのe線に於けるMTF値は下記の通りである。

【0027】

$$MTF(1/2P) = MTF(67.6) = 0.852$$

$$MTF(1/4P) = MTF(33) = 0.93$$

(実施例2) 本発明の実施例2の撮像レンズの光学系断面図を図5に示す。また、実施例2の数値データを表3に示す。

【0028】

【表3】

f=6.035		F=2.8		P=0.0046	
面 No.	R	D	Nd	v d	
1	15.684	0.80	1.65844	50.9	
2	7.523	1.90			
3	29.510	2.00	1.75520	27.5	
4	-29.510	0.20			
5	6.742	0.70	1.62299	58.2	
6	3.347	5.45			
7	-6.267	1.50	1.58913	61.2	
8	-4.998	5.03			
9	439.379	0.60	1.84666	23.8	
10	6.609	2.60	1.78590	44.2	
11	-12.664	0.20			
12	21.960	1.40	1.78590	44.2	
13	-66.657	6.43			
14	∞	1.00	1.52000	65.0	赤外カットフィルタ
15	∞	0.00			
16	∞	1.89	1.54880	67.0	ローパスフィルタ対応カバーガラス
17	∞	0.20			
18	∞	0.75	1.51633	64.1	カバーガラス
19	∞				

【0029】このレンズのe線に於けるMTF値は下記の通りである。

【0030】

$$MTF(1/2P) = MTF(109) = 0.756$$

$$MTF(1/4P) = MTF(54.3) = 0.882$$

(実施例3) 本発明の実施例3の撮像レンズの光学系断面図を図6に示す。実施例3の数値データを表4に示す。

【0031】

【表4】

f=6.19~10.41~17.55		F=2.8~3.0~3.2		P=0.0074	
面 No.	R	D	Nd	v d	
1	34.937	1.00	1.84666	23.8	
2	19.888	5.30	1.71300	53.9	
3	263.466	0.20			
4	16.966	3.20	1.71300	53.9	
5	38.991	1.00~4.67~7.90			
6	31.294	0.60	1.77250	49.6	
7	5.777	3.00			
8	-15.179	0.60	1.77250	49.6	
9	8.285	0.50			
10	9.358	2.20	1.84666	23.8	
11	-181.548	11.83~7.14~3.30			
12	7.200	2.50	1.74400	44.8	
13	-17.914	0.50			
14	-9.575	1.00	1.80518	25.4	
15	8.295	0.80			
16	70.192	2.30	1.72916	54.7	
17	-11.000	0.20			
18	16.017	2.20	1.72916	54.7	
19	-39.917	2.60~3.62~4.23			
20	∞	1.00	1.52000	64.0	赤外カットフィルタ
21	∞	0.00			
22	∞	3.31	1.54880	67.0	ローパスフィルタ対応カバーガラス
23	∞	0.20			
24	∞	0.75	1.51633	64.1	カバーガラス
25	∞				

【0032】このレンズのe線に於けるMTF値は下記の通りである。

【0033】広角端で

$$MTF(1/2P) = MTF(67.5) = 0.820$$

$$MTF(1/4P) = MTF(33) = 0.922$$

中間の焦点距離で

$$MTF(1/2P) = MTF(67.5) = 0.828$$

$$MTF(1/4P) = MTF(33) = 0.922$$

望遠端で

$$MTF(1/2P) = MTF(67.5) = 0.850$$

$$MTF(1/4P) = MTF(33) = 0.926$$

(比較例) 比較例は4群構成ズームレンズの撮像レンズ

で、比較例の撮像レンズの光学系断面図を図7に示す。なお、図は広角端を示している。焦点距離は $f = 4.5$ 9-16.02-44.12 であり、それぞれのFナンバは $F = 1.67 - 2.05 - 2.44$ である。 $1/3$ インチフォーマット 57万画素のCCDを用い、有効画素数 33万画素で、このCCDの単位画素寸法は $P =$

0.006 mmである。

【0034】ここで、実施例と比較例の前記条件式(1)、(2)に対応する値を表5に示す。

【0035】

【表5】

	実施例1	実施例2	実施例3			比較例		
			広角端	中間	望遠端	広角端	中間	望遠端
$\frac{MTF(\frac{1}{2P})}{1 - \frac{\lambda F}{\pi P}}$	0.981	0.959	0.940	0.964	0.999	0.850	0.892	0.924
$\frac{MTF(\frac{1}{4P})}{1 - \frac{\lambda F}{\pi P}}$	0.995	0.986	0.986	0.992	0.999	0.952	0.964	0.973

【0036】表5に示すように実施例は全て前記条件式を満足している。

【0037】(評価) 評価方法として、ビデオモニタに画像を出力して画像の見え味を検査者が目視で評価した。被写体距離2mに置いた解像度テストチャートの画像をテストユニットのフレームメモリに取り込み、また2mに置いた白黒の市松模様のにじみを評価し、評価は3段階で、「○」、「△」、「×」で行った。

【0038】

「○」は満足のゆく画質レベル(シャープネス、コントラスト)

「△」はやや問題のある画質レベル

「×」は問題のある画質レベル

ここで、評価結果を次の表6に示す。

【0039】

【表6】

区分	画像評価結果
実施例1	○
実施例2	○
実施例3	○
比較例	△

【0040】上記表6に示すように、本発明の実施例は良好な満足のいく高画質であった。

【0041】

【発明の効果】以上のように構成したので、次のような効果を奏する。

【0042】請求項1ではローパスフィルタを通さない撮像レンズのe線における画面中心でのディフォーカス

の最良値のMTFをuを空間周波数としてMTF(u)としたとき、

$0.98 < \{MTF(1/4P)\} / \{1 - (\lambda F/\pi P)\} < 1$

なる条件を満足するようにしたので、良好な静止画像の高画質が得られる固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラとなった。

【0043】請求項2では、請求項1に記載のデジタルスチルカメラにおいて、さらに

$0.93 < \{MTF(1/2P)\} / \{1 - (2\lambda F/\pi P)\} < 1$

なる条件を満足するようにしたので、より良好な静止画像の高画質が得られる固体撮像素子を用いたデジタルスチルカメラとなった。

【0044】請求項3では、固体撮像素子の画素間の最小間隔P(mm)が、

$0.002 < P < 0.008$

なる条件式を満足するようにし画素の間隔が最適であるので、固体撮像素子の大きさが最良で、カメラが大きくならず、また、特にF値を大きくしてもMTFの低下が少ない。

【図面の簡単な説明】

【図1】説明で使用するMTFと空間周波数の関係図である。

【図2】本発明のデジタルスチルカメラの概略構成図である。

【図3】ローパスフィルタの分解見取図である。

【図4】本発明の実施例1の撮像レンズの光学系断面図である。

【図5】本発明の実施例2の撮像レンズの光学系断面図である。

【図6】本発明の実施例3の撮像レンズの光学系断面図である。

【図7】比較例の撮像レンズの光学系断面図である。

【符号の説明】

30 デジタルスチルカメラ

31 光学系

32 撮像回路

33 フレームメモリ

CCD 固体撮像素子

CG カバーガラス

LO 撮像レンズ光軸

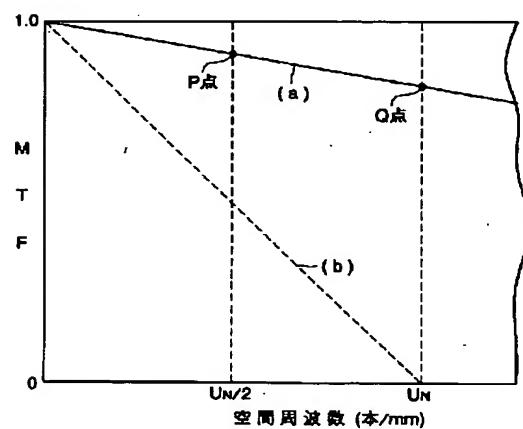
LFA, LFB, LFC 水晶板

LF ローパスフィルタ

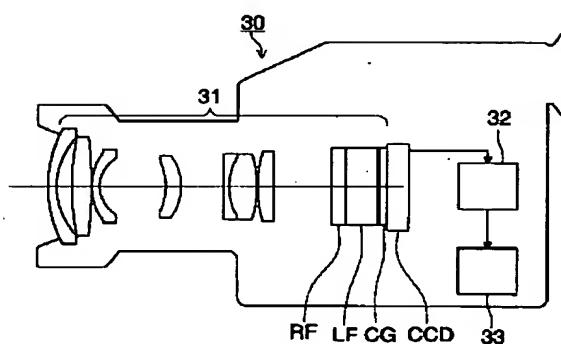
OA, OB, OC 光学軸

RF 赤外カットフィルタ

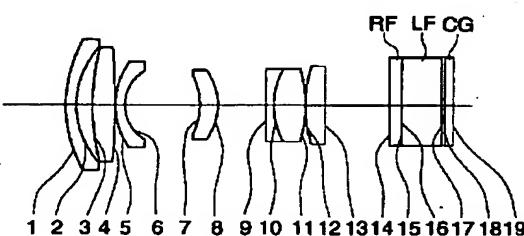
【図1】



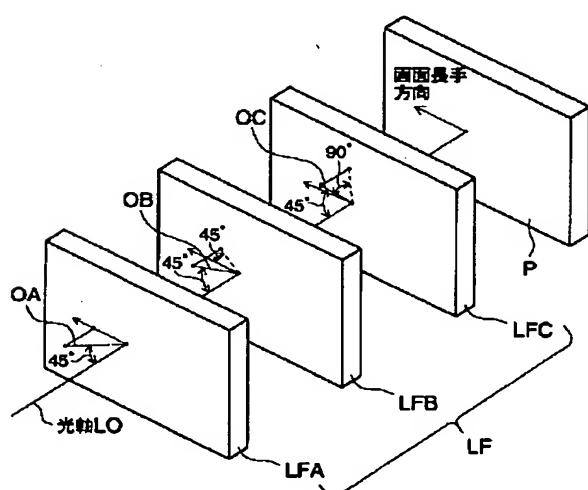
【図2】



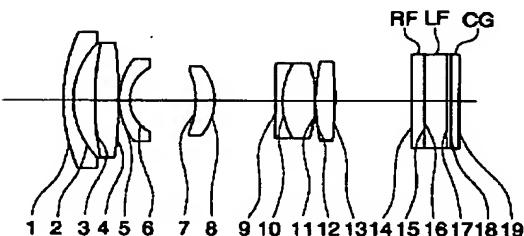
【図4】



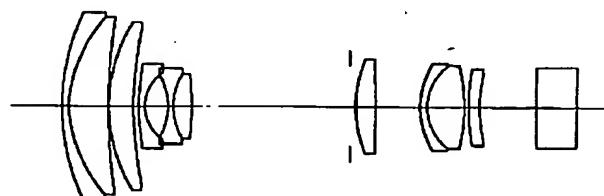
【図3】



【図5】



【図7】



【図6】

